

EL FUTURO DE LA QUÍNOA EN LA REGIÓN ÁRIDA DE
COQUIMBO: LECCIONES Y ESCENARIOS A PARTIR DE
UNA INVESTIGACIÓN SOBRE SU BIODIVERSIDAD EN
CHILE PARA LA ACCIÓN CON AGRICULTORES LOCALES.

Enrique A. Martínez *, **Carmen Jorquera-Jaramillo ****, **Enrique Veas *****
y Eduardo Chia ****

* Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas, La Serena, (enrique.martinez@ceaza.cl)

** Universidad de La Serena, Escuela de Agronomía, La Serena, Chile.

*** Programa de Doctorado en Biología y Ecología Aplicada (Consortio ULS-UCN-INIA).

**** INRA-UMR Innovation/CIRAD-Ideas, 73 av. J.-F. Breton, 34398, Cedex 5, Montpellier, Francia.

RESUMEN

La quínoa desapareció de la memoria social en la Región árida de Coquimbo muy probablemente a consecuencia de la temprana influencia europea en la agricultura y costumbres locales que reemplazaron hace 400 años sus hábitos por el cultivo del trigo y vid, entre otros. Por ejemplo, este año 2009 la ciudad de La Serena, capital regional, cumplió 465 años desde su fundación. La gran tolerancia a la sequía y las excepcional calidad nutricional de los granos de quínoa llevó a un grupo de investigadores a proponer a los agricultores de esta zona árida que re-introdujeran la práctica de sembrar y cosechar este cultivo en la Región, el cual sin ser un cereal, puede ser manejado como tal, incluso hasta la cosecha mecanizada. Este proceso se convirtió, sin que fuese pensado *ex - profeso* en una investigación-acción que llevó a evaluar la biodiversidad nacional de quínoa y probar sus rendimientos bajo condiciones de extrema aridez. Los resultados agronómicos y de aceptación de los productores fueron muy satisfactorios. Sin embargo, las restricciones de un mercado aún por conquistar mantienen en espera una recuperación masiva del cultivo, uno de los escenarios posibles para el futuro de la Región. Ecotipos de distintas Regiones del país tienen potenciales también diversos, lo que permite valorizar mejor su biodiversidad. Los investigadores, por su parte, han comenzado a descubrir las propiedades fisiológicas y nutricionales de una especie sorprendente en muchos aspectos.

Palabras clave:

Palabras clave: Alimentación, forraje, Investigación-acción, Quinua, sequía.

ABSTRACT

Quinoa crop disappeared from the social memory in the arid region of Coquimbo quite probably as a consequence of European influence in agriculture and local habits so that 400 years ago natives replaced some of their traditional crops by wheat and vineyards, among others. For instance this year 2009 the city of La Serena, regional Capital, celebrates its 465th anniversary since its foundation, being the 2nd oldest city in the country. The great drought tolerance of quinoa and the exceptional nutritional properties of quinoa grains stimulated a group of researchers to suggest local farmers of this arid zone to re-introduce the practices of sowing and harvesting this crop, which without being a cereal, can be managed as if it was so. Even to the mechanized harvesting. This proposal unexpectedly became a process of action-research. This research was aimed to evaluate the national quinoa diversity to test its yields under our conditions of extreme aridity. The agronomical results and the acceptance by farmers were highly positive. However, the incipient market restrictions have delayed the massive crop recovery, one of the possible future scenarios. Ecotypes of different origins within the country have different yields and properties what helps to give alternative values to its biodiversity. Researchers on the other hand have started to discover physiological and functional properties of a species, in many aspects, ever surprising.

Key words: Nutrition, fodder, Action- Research, Quinua, drought.

INTRODUCCIÓN

Geografía agrícola de la Región de Coquimbo: desafíos y oportunidades para la quínoa

La Región de Coquimbo, en la puerta del norte chico chileno (28°-32°S) enfrenta una aridez creciente que es comparable al déficit de lluvias de las regiones subsaharianas de África, por ejemplo al déficit del cinturón Sengal-Mali-Nigeria en África Oeste. En la Región de Coquimbo, en poco más de 100 años, la precipitación anual ha decrecido 100 mm, desde 170 mm/año a sólo 70 mm/año, con excepción de años lluviosos asociados a los eventos El Niño (IPCC 2000, <http://www.ipcc.ch>, Vuille y Milana 2007). Bajo estas condiciones extremas se desarrollan dos tipos de agricultura. Una intensiva, industrial, más costosa, destinada a la exportación y que se ha extendido de manera considerable en los últimos 20 años, mejorando sus tecnologías de riego, llegando a incrementos a fines de los años 90 de un 350% de aumento de superficies cultivadas, principalmente de frutales (Jorquera 2001). Por otra parte existe una agricultura de pequeña escala, basada en el aprovechamiento de las escasas lluvias (de régimen pluvial), de menos posibilidades de reacción y que en los últimos años ha ido perdiendo terreno. En la Región ya casi no se siembra cultivos anuales de cereales como el trigo de régimen pluvial (Jorquera 2001) o cuando se hace sus rendimientos no son analizados junto a los del resto del país (Granotec 2008, 2009, INE 2008). La Región entonces enfrenta además del cambio climático (aridez, altas temperaturas) otros desafíos como la alta salinidad de sus suelos, compactación y déficit de materia orgánica (Sierra et al 2007, Martínez *et al.*, 2009). Entre las varias alternativas para enfrentar estos desafíos, la de menor costo en relación al uso de la ingeniería genética por ejemplo, y tal vez antes de iniciar un mejoramiento genético clásico, es la selección de especies naturalmente tolerantes a los diferentes tipos de estrés de la Región. Uno de estos cultivos tolerantes es la quínoa (*Chenopodium quinoa* Willdenow), planta anual de la familia Amarantácea (ex - Chenopodiácea), productora de granos altamente nutritivos (Schlick, y Bubenheim, 1996), domesticada y cultivada en las regiones frías y subtropicales de América desde hace cinco mil años (Mujica 2004) y en Chile desde hace algo más de tres mil años, según los registros arqueológicos del complejo Chinchorro en el Norte de Chile (Tagle y Planella 2002). De la Región de Coquimbo desapareció hace unos 400 años pues no hay agricultores, por ancianos que sean que recuerden ni el nombre del cultivo. ¿Cuándo y cómo se origina una diversidad que local o regionalmente puede perderse en 400 años?

Origen, cambios genéticos y tiempos de evolución en especies vegetales: aplicación a la biodiversidad de la quínoa

Para comprender el estado actual y el futuro de la biodiversidad del cultivo de quínoa es necesario reconocer el origen y los tiempos en los que ocurrió la generación y los cambios de la diversidad en especies vegetales, ya sean nativas silvestres o cultivadas. La evolución biológica, donde ocurre el origen y los cambios en los linajes biológicos es un proceso continuo que el ser humano trata de ordenar reconociendo estados puntuales, entidades que los investigadores llaman "especies biológicas", cuyo rasgo central es ser grupos de individuos donde la reproducción con descendencia fértil es posible. La evolución produce o elimina biodiversidad, o sea, produce o elimina especies. Pero en este continuo hay varios niveles posibles de análisis. Dos de ellos son la generación de nuevas especies y otro nivel, inferior y de cambios más sutiles, es la variabilidad que ocurre al interior de una especie (divergencias entre poblaciones o ecotipos de una misma especie). Estos procesos dejan huellas en el ADN, por ejemplo como las detectadas con el uso de marcadores moleculares, que indican pérdida de diversidad o erosión genética como es el caso de poblaciones nativas de arbustos, las cuales re-colonizaron la precordillera andina de Chile central, desde refugios glaciales costeros, en un período estimado de 10 mil años (*v.gr.* Bull-Hereñu *et al.*, 2005).

En el caso de la quínoa, dado que su utilización ha sido también milenaria, es posible esperar profundos cambios genéticos, en este caso asociados a los procesos de selección que las culturas ancestrales hicieron del cultivo cada vez que fueron transmitiendo y seleccionando semillas localmente, año tras año y transfiriéndolas a pueblos distintos que habitaban condiciones tan diversas respecto de su origen en el altiplano (hoy una región compartida por Bolivia, Perú y Chile). Esta evolución partió por una hibridación permanente de dos especies (Maughan *et al.*, 2006), natural o tal vez mediada por el ser humano. Esto generó una nueva especie que poseía dos juegos cromosómicos, es decir una alta probabilidad de tener genes duplicados, como es el caso en cereales como el maíz o el trigo, condición que a menudo es favorable a los requisitos de productividad de una especie cultivada, que permiten completar el llamado "síndrome de domesticación". Luego hubo un largo proceso que ocurrió en la medida que nuestros ancestros fueron transmitiendo el cultivo hacia los habitantes más australes del cono sur, desde las culturas Inca y Aymara, que habitaban sobre los 3 mil 500 metros de altitud, con un clima frío en invierno y lluvioso en verano y cultivos

en suelos de origen volcánico. La migración ocurrió hacia el sur hasta lograr su selección y adaptación a otras culturas, como los Coyas y Diaguitas en las actuales Regiones chilenas de Atacama y Coquimbo, y luego más al sur al frío extremo de los valles y zonas costeras lluviosas en el centro-sur de Chile y Argentina, llegando al menos a las culturas de los pueblos Pehuenche en Chile central y Mapuche en el sur. En la Región de Coquimbo el cultivo fue utilizado por las culturas ancestrales con influencia Inca, en un tiempo posterior a la cultura Molle (cultura local caracterizada por el paso de la transhumancia de ganado de auquénidos, la caza y la pesca hacia la agricultura y la alfarería). En los territorios del centro-sur de Chile la quínoa fue adaptada a condiciones muy diversas de clima y suelos, con una variabilidad que lleva incluso una adaptación profunda a fotoperíodos (horas diarias de luz/oscuridad) muy diversos que van desde 10 horas de luz a los 18°S (Arica-Parínacota) hasta 14 horas de luz a los 40°S (Regiones de la Araucanía, de Los Ríos y Los Lagos). Esta gradación en el largo de los días implica que los tiempos de siembras y cosechas sean también diversos, y distintos de los del altiplano chileno donde se siembra en noviembre y se cosecha en mayo. En el centro-sur las siembras son desde agosto y las cosechas en febrero-marzo.

A nivel genético-molecular la variabilidad ha sido descrita recientemente usando microsatélites, un tipo de marcadores moleculares muy polimórficos, es decir, que detectan mínimos cambios genéticos o leves mutaciones (Fuentes *et al.*, 2009). Estos estudios muestran muy claramente que las poblaciones altiplánicas de quínoa comparten más genes entre ellas que con las muestras de quínoas del centro y sur del país. La diversidad global de quínoa en Chile es entonces enorme y corresponde muy bien con la diversidad latitudinal de climas y suelos, y con las diferencias de épocas de siembra y cosecha que tienen que ver con la duración o largo de los días, descritas más arriba. Sin embargo esa biodiversidad, resultado de miles de años de co-evolución con el ser humano-agricultor puede perderse en sólo décadas si cambian bruscamente las costumbres o si artificialmente se decide en un momento de la historia que existe sólo una "super-variedad" y que por lo tanto hay que desechar las otras. Veamos el caso de la Región de Coquimbo.

La cultura de la quínoa en Coquimbo en la época post-colonial y moderna

La Región de Coquimbo comparte con la Región Metropolitana de Santiago la ausencia de cultura de la quínoa, muy probablemente por ser ambas Regiones las primeras intervenidas por la colonización europea (año 1535 y siguientes). De allí la

desaparición de la cultura asociada al cultivo y consumo de quínoa. De esto hace al menos unos 400 años. Para ilustrar señalamos que este año 2009 la ciudad de La Serena, capital de la Región de Coquimbo cumple 465 años desde su fundación. Tempranamente entonces se instalaron en los valles irrigados de la Región los cultivos de frutales como la vid, de plantas anuales, de hortalizas y de cereales europeos (trigo, avena, cebada). Estos cultivos se expandieron en años de bonanza climática (mayor pluviometría) y la Región llegó a ser gran productora de trigo, mientras que hoy tiene la menor superficie y ni siquiera es considerada en los rendimientos del país (Granotec 2008, 2009). Con la instalación del modelo de economía liberal de mercado desde el año 1973, el fomento a las exportaciones y las mejores tecnologías de riego, más el clima de la Región permitieron cambiar esta vez a los productores de mayor envergadura, hacia una producción de exportación, inicialmente de uva de mesa (Jorquera 2001).

Entre los años 2005 y 2008 hemos entrevistado a agricultores mayores de 75 años de la Región de Coquimbo y éstos nunca habían escuchado mencionar la palabra quínoa o sus vocablos similares. Sólo conocían una maleza europea del mismo género botánico, llamada Kingüilla o "pasto salado" (*Chenopodium album*), que debió llegar al país precisamente con los cultivos de cereales introducidos que reemplazaron a la quínoa. Tampoco hay por lo tanto en esta Región una historia culinaria asociada y puede decirse que regionalmente se perdió la memoria social (rural y urbana) de la cultura de la quínoa. Ocurrió aquí una *extinción local*, como se llamaría en términos evolutivos, una pérdida de toda la biodiversidad local que se acuñó en varios miles de años. Las dos preguntas básicas que surgieron entonces, desde la investigación regional, fueron ¿De dónde podría recuperarse semillas que permitiesen re-introducir el cultivo en los agricultores locales?, y ¿Tendrán éstas semillas tolerancia y posibilidades de crecer y dar cosechas aceptables en las actuales condiciones climáticas de la Región?

En busca de semillas nativas para re-introducir la quínoa en la Región de Coquimbo: primera meta de un proyecto de investigación (biodiversidad) para la acción con agricultores locales (ensayos de campo)

Actualmente la quínoa se cultiva principalmente en tres macroregiones de Chile: El norte altiplánico desde los 18° a los 22°S, luego en las zonas de valles costeros y costa de las Regiones de O'Higgins y Maule entre los 34° y 36°S y en las zonas precordilleranas y valles centrales de las Regiones de la Araucanía y Los Lagos

(38°-40°S). Particularmente se cultiva en lugares donde no crecen otros cultivos, ya sea por la altura (>3500 m.s.n. m. en el Altiplano) o en tierras marginales, arcillosas o salinas de la costa de Chile central, principalmente como cultivo de autoconsumo y como un cultivo de valor de cultura familiar ancestral (comunidades Mapuche). Desde estas comunidades aisladas se buscó las semillas para su re-introducción en la Región de Coquimbo. Paralelamente la quínoa ha tenido además un reciente despertar, casi simultáneo en cada Región ancestral de cultivo, a través de proyectos que han financiado iniciativas de fomento del cultivo y de la organización campesina en cada lugar, siendo el Fondo de la Fundación para Innovación Agraria (FIA) del Ministerio de Agricultura el tipo de financiamiento con mayor presencia, tanto en el sur (Sepúlveda *et al.*, 2004), en la zona central (Núñez 2008) como en el norte (Delatorre *et al.*, 2008).

Este artículo describe entonces las aproximaciones o estrategias emprendidas y los actores de este proceso de re-introducción de la quínoa en la Región de Coquimbo, probando semillas sobrevivientes de las tres regiones que no habían perdido la tradición del cultivo. Este proceso incluyó por un lado a los investigadores que proponen usar estos diversos cultivares de quínoa y por otro lado a los agricultores locales, usuarios de esta agro-biodiversidad, que debieron comenzar a re-descubrir la quínoa desde su consumo y quienes condujeron pruebas de campo. En un programa de difusión se les propuso además la posibilidad de una asociatividad en torno a este cultivo. Todos los actores fueron reunidos y juntos postulamos y accedimos fondos de un financiamiento de Estado (concurso Innova Chile de CORFO, ex-FDI). Agricultores e investigadores fuimos contrapartes de un proceso de investigación-acción, no planificado inicialmente como tal. Entendiendo por Investigación-Acción un proceso en espiral, flexible, que permite acción (cambios, mejoras) e investigación (comprensión, conocimiento) para ser logrados en forma simultánea (Chia 2004, Dulcire y Chía 2005). Las personas involucradas se involucran en ambos procesos, permitiendo un compartir de la comprensión y a su vez que los cambios ocurran gracias al mayor compromiso (Dick 2002). Los resultados se restringen a los años 2005 y 2008 (inicio y fin del mencionado proyecto) particularmente enfatizando qué aspectos de los componentes de Investigación-Acción fueron utilizados, juzgando *a posteriori* su pertinencia, su eficacia, las posibles modificaciones que pueden mejorar el proceso y se hace una mención especial a los escenarios y perspectivas que pueden dar sustentabilidad y mayor valor a la conservación de la gran biodiversidad de quínoas en Chile.

INSTRUMENTOS Y METODOLOGÍA

Selección de actores involucrados en la investigación y en la acción

1. *Los investigadores.*

Durante los años 2003 y 2004, comienzo de las actividades del Centro Regional Coquimbo de Estudios Avanzados en Zonas Áridas (www.CEAZA.cl) se realizó trabajos exploratorios con estudiantes de Ingeniería Agronómica de la Universidad de La Serena (ULS), se buscó socios tanto en el mundo de los agricultores como entre los investigadores. Los investigadores contactados inicialmente para presentar un proyecto se escogieron por pertenecer a la Región de Coquimbo y aunque todos estaban motivados por estudiar especies tolerantes al estrés y/o por su aplicación en la agricultura de zonas áridas, ninguno tenía experiencia empírica o directa en el trabajo en quínoa, excepto un estudiante recién titulado de Ingeniería Agronómica cuya tesis fue comparar la fenología y rendimientos de tres ecotipos de quínoa de la zona central de Chile, por primera vez, en dos localidades de microclima contrastante en la Región de Coquimbo, bajo condiciones de riego deficitario (Veas 2006). Además de él participaron como investigadores en el proyecto seis ingenieros agrónomos, cinco biólogos y una bioquímica, pertenecientes a tres universidades, al Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) y al recién creado CEAZA (Cuadro 1). Había financiamiento para una sola tesis (de doctorado) pero se aceptó nuevos estudiantes (de pre y post-grado) en función del interés que el tema suscitó en los alumnos de la Región. Los investigadores y tesis trabajamos en los temas indicados más abajo. Estos incluyeron el uso forrajero de la quínoa, tema sensible ya que el 40% del ganado caprino chileno se encuentra en la Región de Coquimbo, cuya creciente aridez aumenta el riesgo ecológico en praderas naturales sometidas a sobrepastoreo extensivo con los consiguientes efectos en los rendimientos y viabilidad de la actividad.

2. *Los agricultores.*

Los productores agrícolas fueron escogidos por contactos informales y constituyeron la contraparte explícita de fondos valorados (horas-hombre, valorización de sus predios con equivalencia a arriendo, valorización de su ganado para experiencias de pruebas forrajeras con quínoa). El aporte de fondos de contraparte es una obligación de todo proyecto frente a la fuente de financiamiento estatal

(Corporación de Fomento de Chile, CORFO); ante la ausencia de empresas interesadas en innovar en esta área de la agricultura o de la alimentación, estos pequeños productores fueron las únicas contrapartes de aporte "empresarial" al proyecto. En los 36 meses de duración del proyecto, desde octubre de 2005, algunos agricultores debieron abandonar su participación a menudo por litigios de tenencia de la tierra o por falta de acceso al agua y fueron entonces reemplazados por nuevos productores que se interesaron tras conocer del cultivo a través de diferentes programas de difusión (listado total en Cuadro 2)

3. *Interacción agricultor-investigador.*

Más allá del requerimiento formal de aportes de los agricultores como contrapartes para acceder al financiamiento, su participación se consideró clave en el desarrollo de experiencias de campo que simultáneamente se orientasen a la difusión del cultivo. Aquí nace una alianza fundamental entre los agricultores-experimentadores y el equipo de investigación, para generar en conjunto información de calidad en un corto periodo de tiempo, satisfaciendo los objetivos del proyecto y desafíos adicionales que surgieron durante su ejecución: se genera entonces el proceso de investigación vinculado a la acción.

4. *Organismos de Estado.*

La Junta Nacional de Auxilio Escolar y Becas (JUNAEB) perteneciente al Ministerio de Educación fue el único organismo de estado contactado para colaborar con el proyecto debido a que entre sus varias funciones de becas contempla la administración y fiscalización de la alimentación de 2.2 millones de niños de escuelas públicas de Chile, durante cada día escolar (hasta tres comidas diarias en muchos casos). La JUNAEB nació para garantizar el mínimo de alimentación para evitar la desnutrición infantil anterior a los años 70. Con el advenimiento de las políticas públicas acordes al modelo neo-liberal de libre mercado, desde los años posteriores al golpe militar de 1973 la alimentación fue delegada a empresas privadas que son fiscalizadas por el organismo estatal. Esta fiscalización es por cantidad de alimentos (calorías) recibidos por ración, aunque los datos registrados en muestreos al azar de las raciones servidas contemplan varios aspectos de la calidad nutricional (análisis bioquímicos más completos). La JUNAEB regional de Coquimbo aceptó probar menú con quínoa en algunas raciones estandarizadas y cuantificar la respuesta de los

funcionarios (n=17) y de los niños (n=120) ante variaciones que, por ejemplo, implicaban cambiar un 10% del arroz de la ración por quínoa.

Estudios específicos

1. *Colección y resguardo del germoplasma.*

La recolección de semillas se realizó mediante tres estrategias distintas según las regiones ancestrales de cultivo de quínoa. Todas ellas tenían por objetivo primario aumentar la colección de largo plazo del Banco Nacional de germoplasma del Gobierno de Chile, a cargo de INIA en Vicuña, región de Coquimbo. Luego, el segundo objetivo era escoger algunas accesiones para probar sus respuestas agronómicas en terrenos experimentales de INIA, y en los terrenos de los agricultores. Las estrategias de muestreo implicaron colectas propias en terreno que fueron principalmente realizadas en las Regiones de O'Higgins y del Maule, dado la cercanía física con los productores, cuyo acceso fue facilitado por el señor Pablo Jara, un procesador de quínoa que ha trabajado por más de 20 años en la mantención del cultivo en Chile y tenía referencias concretas de lugares y productores por visitar (Hocdé *et al.*, 2009). Para el altiplano se prefirió acordar con el tesista de post-grado del proyecto, Ing. Agrónomo y profesor de la Universidad Arturo Prat, Francisco Fuentes, que sus colectas de semillas entre las comunidades aymaras quedaran respaldadas en el Banco Base de germoplasma de INIA, en Vicuña. Su tesis de doctorado consistió entonces en un estudio de la diversidad genética de una colección general de germoplasma de todo Chile. Para el sur de Chile se logró un acuerdo de donación de germoplasma al Banco Nacional por parte de la empresa AGROGEN bajo un acuerdo de transferencia de material genético (MTA) a INIA, incluyendo semillas regeneradas y donadas previamente por la misma empresa al Banco Activo de INIA en Temuco. De este modo se pudo acceder a germoplasma de las tres zonas ancestrales de cultivo de quínoa para su conservación a largo plazo y para pruebas en campos de agricultores adscritos a la investigación del proyecto.

2. *Análisis de la diversidad genética.*

Los estudios de diversidad genética fueron realizados fundamentalmente por medio de la tesis de doctorado del ingeniero agrónomo, señor Francisco Fuentes, quien evaluó la diversidad genética de germoplasma chileno de quínoa (59

accesiones) con 20 loci polimórficos de microsatélites, marcadores moleculares de diversidad desarrollados específicamente para quínoa (Fuentes *et al.*, 2009).

3. *Ensayos de campo y aceptabilidad forrajera.*

Los ensayos agronómicos en campos experimentales de INIA y en predios de los agricultores fueron realizados principalmente para comparar los rendimientos de quínoa de tres ecotipos altiplánicos (R49, A64, dos tipos de semillas, amarilla y roja respectivamente, seleccionadas de una mezcla) y Mix, como mezcla original obtenida de los predios de la localidad de Ancovinto en el Altiplano. Luego se usó cuatro ecotipos de la zona central del país (Don Javi, Palmilla, VI-1 de la Región de O'Higgins, y UdeC9 regeneradas en Chillán pero provenientes de Chanco en la Región del Maule). Y finalmente con dos ecotipos del sur de Chile (BO25 y BO78, de la Araucanía) más un híbrido entre un ecotipo de esa zona con otro de origen ecuatoriano (La Regalona, creado por Semillas Von Baer).

Los sitios de estudios de campo fueron los terrenos experimentales de INIA en la localidad de Pan de Azúcar, sector costero de la comuna de Coquimbo, con riegos medidos en período de ausencia total de lluvias) más los sitios de los productores locales (Cuadro 2) a los que se les entregó semillas de la Región de O'Higgins de las pruebas del año anterior (tesis del señor Enrique Veas) para las que ya había alguna evidencia de que funcionaban bien en la Región (Veas 2006).

4. *Uso forrajero.*

Con ayuda de investigadores de la Universidad de Chile y la tesis de Medicina veterinaria (Universidad de Chile) del señor Fernando Ortiz, se probó el uso forrajero de dos ecotipos de quínoa (altiplánico Mix y sureño BO25) contrastados con la alfalfa mediante pruebas de digestibilidad aparente en ganado caprino, muy importante en la Región de Coquimbo (poseedora del 40% del ganado caprino nacional).

5. *Programas de difusión.*

Para la difusión de la importancia y cultura de la quínoa se hicieron tres giras tecnológicas con productores regionales a las tres zonas ancestrales de producción de quínoa (altiplano chileno, Cooperativa Agrícola Las Nieves en Paredones, Región de O'Higgins y Temuco, en la empresa AGROGEN y Semillas Von Baer) así como a

lugares de comercialización y producción orgánica en Santiago. También se realizó talleres culinarios a manipuladoras de la JUNAEB, y trabajos con madres de escasos recursos de sectores vulnerables de La Serena, a través del Centro de Atención Integral de la Malnutrición (CAIM) de la Universidad de La Serena.

RESULTADOS

Selección de actores involucrados en la investigación y en la acción

1. *Los investigadores.*

Varios de los investigadores inicialmente involucrados en el proyecto lograron ir acrecentando su interés en el cultivo de quínoa y en sus propiedades, abriendo con ello una red de nuevas interacciones con otros investigadores a nivel nacional e internacional que creó una serie más extensa de contactos, nuevas ideas de tesis y finalmente nuevos proyectos de investigación, varios de ellos aún en curso. De este modo la lista inicial de científicos se incrementó, primero en torno a nuevos proyectos de investigación nacional e internacional y luego con nuevos temas de investigación sobretudo hacia las áreas de usos y beneficios de la quínoa en términos funcionales y salud humana (Cuadro 3). Respecto de los tesis, se ejecutaron 18 tesis (inicialmente había financiamiento para sólo una), incluyendo 16 de pregrado y 2 de doctorado, que involucraron a 21 estudiantes, algunos de los cuales trabajaron en equipos de dos o más integrantes (Cuadro 4). Los temas de tesis fueron diversos desde los aspectos moleculares de la quínoa hasta fisiología y manejos agronómicos, transformaciones, usos, mercados y propiedades funcionales del grano. Las instituciones participantes fueron las Universidades Arturo Prat de Iquique (UNAP), Universidad de La Serena (ULS), de Chile en Santiago (UCH), Católica del Norte, sede Coquimbo (UCN) y de Valparaíso (UV). Además el Instituto de Capacitación, sede La Serena (INACAP), el Instituto de Investigaciones Agropecuarias-centro regional de La Serena y Vicuña (INIA) y el Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas (CEAZA).

2. *Los agricultores.*

Los agricultores interesados inicialmente en el proyecto fueron cambiando con el tiempo (8 a 14 agricultores/temporada) debido a litigios relativos a la tenencia de la tierra o a problemas de acceso al riego pero mantuvieron en promedio entre 1.5 y

1.7 ha por predio. Los rendimientos obtenidos promediaron 1,6 toneladas/ha (Cuadro 2). La asociatividad entre ellos no fue posible en términos legales, dado que el liderazgo no surge espontáneamente y la falta de un mercado con precios de compra claros, no permite la generación de una asociatividad inmediata. La conquista o creación de mercados requiere inversión de recursos y de tiempo, ambas cosas que a menudo no poseen los agricultores. Sin embargo, uno de ellos manifestó la idea de procesar quínoa (como harina por ejemplo) y ofreció un molino para este fin. Sin embargo esta iniciativa que no dista de ser a corto plazo una realidad¹ requiere de recursos humanos dispuestos a liderar. El no poseer otro recurso que la quínoa en común dificulta una organización formal entre ellos. Sin embargo a través del mismo proyecto contactamos a otro grupo de productores, que tienen en común la motivación de producir productos orgánicos, incluida la quínoa, quienes lograron constituir una sociedad formal. Poseen entonces algunas facilidades de acceso a recursos vía INDAP, por ejemplo.

3. *Interacción investigación-acción*

El trabajo experimental de campo en conjunto con los agricultores demostró la importancia de contar con información de ensayos desarrollados en el propio contexto productivo. Los ensayos comúnmente conducidos en parcelas destinadas estrictamente a la experimentación arrojan resultados con el atributo de referentes clave, en tanto contemplan el control de un máximo número de factores y variables. Sin embargo, basar recomendaciones estrictamente en ellos excluye variables relevantes asociadas a la toma de decisiones productivas por parte del productor y la adecuación a las condiciones locales.

Por otra parte, el trabajo de investigación involucrando directamente a los productores generó dos resultados de gran interés: la adopción más rápida del cultivo de quínoa, a partir de la experiencia directa de manejarlo y conocer sus ventajas y desventajas "in situ"; y la sinergia lograda entre productores, equipo técnico e investigadores, que ha acercado a estos actores en ámbitos muy diversos, creando un

clima de confianza mutua y aportando a la priorización de necesidades de investigación acordes con la realidad productiva regional.

4. *Organismos de Estado.*

Los ensayos en la JUNAEB de menú con quínoa resultaron ser aceptados por los profesionales y por los alumnos de la Escuela de Caleta San Pedro. Las evaluaciones sensoriales realizadas por los funcionarios (17 personas) como por los alumnos (120 alumnos) no difieren entre sí y destacan por su aprobación con notas promedio sobre 5.0 (escala 1 a 7) tanto en menús de platos JUNAEB de entrada, de fondo como de postres; con notas particularmente altas (>6.5) para un postre de ciruelas cocidas con quínoa. La JUNAEB regional resultó muy interesada en incluir la quínoa en los menús de los estudiantes, pero requieren precios convenientes y volúmenes de producción que según el consumo pueden ser muy altos si se considera la escala a nivel nacional. Las concesionarias podrían reaccionar con ofertas interesantes si la quínoa fuese un alimento que por sus propiedades pudiese ser favorecido por los(las) nutricionistas de la institución. Sin embargo la legislación actual sólo fiscaliza por calorías y otros ítems de la calidad alimentaria de los menús no son favorecidos, ni tampoco fiscalizados, por lo tanto no son exigidos. Esta legislación podría sin embargo cambiar sin mucha dificultad pues la JUNAEB tiene un carácter jurídico bastante independiente que no necesita por ejemplo de aprobación a nivel del Congreso Nacional. Juntar las necesidades potenciales por ejemplo de la JUNAEB con la producción potencial de quínoa pasa también por mejorar el sistema de procesamiento de quínoa (remoción de saponinas) o de un lavado y cocinado previo que facilite la cocina institucional. Estas son parte de las tareas que quedan pendientes para el desarrollo de un mercado nacional importante en volumen y que sea sustentable en el tiempo.

Estudios específicos

1. *Colección y resguardo del germoplasma.*

Las colecciones de quínoa realizadas por las estrategias descritas más arriba permitieron aumentar la colección del Banco Base de INIA-Vicuña desde 75 accesiones en el año 2004 hasta 311 accesiones en el año 2008 (Salazar et al., 2009, este mismo número). De entre estas accesiones se probó semillas de las tres zonas de

¹ La Cooperativa Agrícola Las Nieves ya tiene certificación de buenas prácticas de manufactura y un mercado de compra internacional para harinas de quínoa.

procedencia ancestral par evaluar su comportamiento agronómico en la región de Coquimbo (ver resultados más abajo).

2. *Análisis de la diversidad genética.*

Los análisis de diversidad genética mostraron gran diversidad global, con baja diferenciación (gran mezcla de ecotipos) en el altiplano. La heterocigosidad observada fue alta (>0.5). Las diferencias moleculares con los ecotipos del centro-sur es muy notable (Fuentes et al., 2009) y confirma hipótesis previas sobre mayores afinidades genéticas entre germoplasma chileno y boliviano (mayores intercambios) y son coincidentes con las grandes diferencias también en los manejos agronómicos y épocas típicas de siembras y cosechas entre el altiplano y centro-el sur de Chile.

3. *Ensayos de campo.*

Los ensayos de campo mostraron que ninguno de los tres ecotipos de quínoa altiplánicos alcanza los rendimientos obtenidos con cualquiera de los seis ecotipos del centro sur de Chile o de la variedad híbrida inscrita, La Regalona. A nivel experimental los rendimientos superan las 2 t/ha con bajo riego (100 mm/período) llegando incluso a 6 t/ha. Y no incrementan significativamente con riegos mayores a 150 mm/período). Los ensayos de riego deficitario efectivamente confirmaron que es posible cultivar quínoa con muy poca disponibilidad de agua, siempre que su aplicación sea al menos en los tres períodos críticos del cultivo (inicio, floración, llenado de grano). (Martínez et al., 2007, Martínez et al., 2009). Otro de los resultados agronómicos destacables y corroborados a través de varias tesis de estudiantes fue el efecto positivo en los rendimientos de quínoa tras la adición de materia orgánica compostada a los suelos, con incrementos que incluso doblaron los rendimientos de situaciones control (Salinas 2007, Martínez *et al.*, 2009, Pizarro 2009). Esto muestra que el mejoramiento de la materia orgánica de los suelos, naturalmente muy pobres en materia orgánica (Sierra *et al.*, 2007) debería considerarse como una medida de vital importancia en la rentabilidad del cultivo de quínoa para la Región de Coquimbo. Los ecotipos del altiplano rinden menos que los de la zona centro-sur (Martínez *et al.*, 2007, Cortés 2007) pero los primeros podrían tener potencial forrajero.

Desde un punto de vista de costos (precios relativos al año 2007) con 500 mil pesos por hectárea se podía financiar el cultivo, incluyendo en ello los costos de fertilización orgánica, de riego, mano de obra, cosecha y de proceso post-cosecha

(pelado de grano) con un 30% de rentabilidad, asumiendo un rendimiento de 1.2 t/ha, que es 400 kilos menor al rendimiento promedio obtenido por los agricultores en sus ensayos durante el proceso de investigación-acción.

4. *Uso forrajero.*

El uso forrajero fue una de las últimas actividades del proyecto CORFO y la tesis respectiva está aun en redacción. Los resultados analizados a la fecha muestran, a diferencia de lo observado para los rendimientos de grano, que el ecotipo de quínoa altiplánico MIX posee buena aceptabilidad y digestibilidad (ca. 70% y no significativamente distinto de la alfalfa). Para el ecotipo de quínoa del sur de Chile (BO25) la digestibilidad fue de 67%. La quínoa no puede tener seis cortes al año como la alfalfa pero sin duda su potencial forrajero es alto por la poca cantidad de agua que requiere, lo que permitiría un cultivo extensivo bajo régimen cien por ciento pluvial. La buena digestibilidad del ecotipo altiplánico (MIX) es una gran oportunidad puesto que estos ecotipos que desarrollan menos productividad en la Región de Coquimbo en términos de semillas (Martínez et al., 2007) tienen gran tolerancia a la sequía. Esto se evidencia por ejemplo en que los ecotipos del centro-sur, al momento de la cosecha, están con sus hojas secas y amarillas, o sin hojas y con las panojas secas mientras que los ecotipos altiplánicos aún después de dos meses sin riego permanecen verdes en tallos y hojas, lo que permitiría su utilización forrajera bajo condiciones de muy poca pluviometría. Vale decir con 30 a 50 mm de precipitaciones en la estación de lluvias, si al menos tal precipitación es acumulada en dos meses.

5. *Programas de difusión.*

Los programas de difusión de la quínoa a través de talleres culinarios, días de campo, entrevistas en la prensa escrita y en la televisión motivaron al público regional a demandar más quínoa. Hoy ya varios restaurantes de la Región poseen la quínoa en sus menu permanentes, aunque declaran comprar fuera de la Región. También una escuela especial de la región (niños con deficiencias mentales) también decidió incorporar la quínoa en sus menús. Asimismo aumentó el interés de los estudiantes de varias especialidades provocando el aumento en temas de tesis descrito más arriba.

6. *Asociatividad entre agricultores.*

Los resultados experimentales aunque promisorios en lo agronómico no favorecieron inmediatamente una asociatividad entre los productores de la Región. Por una parte las grandes distancias geográficas dificultaron el reunirlos a todos. Por otra parte la falta de un mercado nacional (poder de compra) formalizado impedía un lanzamiento masivo a una vocación de siembra y tampoco de asociatividad. Sin embargo, el proceso de experimentación desarrollado en los campos de los agricultores facilitó el intercambio de experiencias, creando una base de comunicación que podría facilitar a futuro la creación de una organización formal.

DISCUSIÓN Y PERSPECTIVAS FUTURAS PARA LA VALORIZACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD DE QUÍNOAS EN CHILE

La oferta nacional de biodiversidad actual de quínoas de Chile permite postular que en la Región de Coquimbo se puede hacer un uso productivo de toda la diversidad disponible en el país. Por una parte los ecotipos del centro-sur ofrecen un potencial interesante en los rendimientos de grano y éstos se pueden mejorar significativamente con la adición de materia orgánica compostada a los suelos. Por otra parte los ecotipos del altiplano ofrecen un potencial para uso forrajero para una gran masa ganadera caprina, mayoritariamente no estabulada, que está sometida a restricciones alimentarias por la sequía y son parte de un proceso de desertificación cuando las lluvias no alcanzan los niveles que permiten la recuperación de praderas naturales, recuperación que en la mitad del último siglo sólo ha ocurrido en los años más lluviosos asociados al fenómeno El Niño.

La tolerancia de la quínoa a estreses abióticos ha despertado un gran interés en los fisiólogos de plantas. Sus propiedades nutricionales a su vez han despertado el interés de bioquímicos, nutricionistas e investigadores del área de la salud. Esto incluye un número importante de tesis de pre y post-grado que han trabajado en ámbitos tan diversos como la economía, la agricultura, la nutrición y la salud humana.

El uso de saponinas como un subproducto de la quínoa (*v.gr.* San Martín *et al.*, 2008) ofrece una alternativa más que si los escenarios de mayor consumo

alimentario se concretizan, permitiría una explotación económicamente aun más sustentable de la quínoa.

Una falencia importante es la capacidad asociativa de los agricultores, tanto por razones históricas (desconfianzas), por las distancias geográficas así como por la ausencia de un mercado ya conquistado. El potencial que ofrece un poder de compra como la JUNAEB (responsable la distribución de 2.2 millones de raciones diarias en los niños del sistema público educacional) podría otorgar un gran impulso a la productividad nacional y regional. Ello implicaría la necesidad de programas de mejoramiento genético que ya deberían ponerse en marcha. Los resultados preliminares de efectos funcionales de la quínoa en la memoria y en disminuir los efectos del estrés y en aumentar la saciedad (mejor control del peso) (Muñoz-Llancao *et al.*, 2008) son un aliciente más para apoyar decisiones que ya caen en el ámbito de las autoridades competentes de la JUNAEB (alimentación del Ministerio de Educación), en base a una legislación que está aun atrasada respecto de la calidad nutricional. Hoy la obligación sólo permite fiscalizar y penalizar si no se cumple un mínimo de calorías para ofrecer a los niños y jóvenes de Chile, en vez de considerar calidad de aminoácidos, aceites, minerales o vitaminas que le permitirían a la quínoa y a otros alimentos funcionales una mejor entrada.

CONCLUSIONES

La quínoa es aun posible de ser cultivada en la Región de Coquimbo luego de más de 400 años estimados de ausencia en su cultura agrícola y culinaria, a pesar del cambio climático hacia una creciente aridez. Particularmente dan buenos rendimientos de grano los ecotipos de la zona centro y sur del país.

El uso de enmiendas orgánicas en los suelos facilitaría rendimientos que rentabilizan el cultivo.

La demanda de agua en períodos críticos es necesaria asegurarla pues no alcanzaría para el cultivo sólo con las escasas e impredecibles lluvias locales.

El potencial de cultivo permite prever que es posible aprovechar toda la biodiversidad nacional de quínoas chilenas usando los ecotipos altiplánicos para

forraje en ganado caprino (esto sería posible aun con la escasa pluviosidad actual) y los ecotipos de la zona central para producción de granos de consumo humano.

La asociatividad entre productores no ocurre naturalmente. Este objetivo no se puede forzar y su promoción en la Región y en Chile va a ser muy dependiente no sólo de las expectativas de un mercado formal sino también de la historia de relaciones previas entre ellos, de la presencia de otros intereses comunes aparte de la quinoa (como la producción orgánica por ejemplo) y de las distancias geográficas.

El modelo neo-liberal ha llevado a que sea el mercado el que gobierne mayoritariamente los incentivos por el trabajo agrícola en Chile, y particularmente en la Región de Coquimbo, donde la creciente aridez lleva a rentabilizar sólo los predios con altas tecnologías de riego, que tienen elevados costos energéticos. La quinoa no escapará a ese escenario.

Uno de tales mercados, previsto como importante a nivel regional y nacional sería el uso de la quinoa en la alimentación institucional. Por ejemplo, de 2,2 millones de niños alimentados diariamente gracias a la labor de la JUNAEB. La concreción de tal negocio depende de decisiones institucionales pero también de algunos cambios en la legislación vigente que hoy no fiscaliza calidad sino cantidad nutricional. También depende de la gestión que pueda realizar un enlace productores-consumidores que actualmente no existe.

Los investigadores son los más entusiastas en formar equipos de trabajo debido al descubrimiento de importantes propiedades fisiológicas y nutritivas en la quinoa, con sorprendentes cualidades funcionales en la salud humana. Las redes creadas de investigadores ocurrieron en tan sólo tres años a nivel nacional e internacional. Una externalidad insospechada que se obtuvo de estos esfuerzos y que puede redundar en mejorar los procesos de investigación-acción que se emprendieron a menudo sin predeñarla.

Iniciar y promover desde la investigación procesos sociales (acción) es más complejo de lo previsto y se descubrió entonces la necesidad de incluir los actores del sistema regional y nacional desde el inicio del planteamiento de los problemas a resolver. Particularmente si se quiere actuar responsablemente no sólo con la protección de la agro-biodiversidad aun existente, sino también con los agricultores que re-descubrían muy motivados este noble cultivo.

Un camino indirecto pero responsable es la investigación en propiedades nutricionales y funcionales de la quinoa para facilitar en el futuro cercano la toma de decisiones a nivel de consumo institucional y de empresas privadas.

La conectividad entre productores alejados geográficamente debiera ser facilitada a través de programas de financiamiento estatal. Al menos hay precedentes en los proyectos FIA (Ministerio de Agricultura) que han financiado efectiva pero independientemente proyectos en las tres áreas de producción ancestral del cultivo.

La investigación acción con productores debe continuar pero más en los aspectos sociales y económicos que en los biológico-agronómicos.

BIBLIOGRAFÍA

BULL-HEREÑU, K., MARTÍNEZ, E.A., SQUEO, F.A. 2005. Structure and genetic diversity in *Colliguaja odorifera* Mol. (Euphorbiaceae) a shrub subjected to pleistocene natural perturbations in a mediterranean South American region. *Journal of Biogeography* 32:1129-138

CHIA, E. 2004. Principes, méthodes de la recherche en partenariat : une proposition pour la traction animale. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop. Ressources animales*. 57 (3-4):1-8

CORTÉS, H. 2007. "Evaluación de diez procedencias de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), establecidas en la costa y precordillera de la IV Región de Chile", Tesis Ing. Agronómica, Universidad de La Serena

DELATORRE, J., SALINAS, A., SÁNCHEZ, M. (eds.). 2008. Cultivo de la Quinoa. *Agricultura del Desierto* ISSN:0717-2769. 147p.

DICK, B. 2002. Action research: action and research (on line). Available at <http://www.scu.edu.au/schools/gmc/ar/arp/aandr.html> (consulta 28 noviembre 2009).

DULCIRE, M., CHIA, E., 2005. Le poids des représentations dans la mise en place des Contrats territoriaux d'exploitation (CTE) : le cas de la Guadeloupe. *Ruralia* n° 15-2004 137-158 pp

FUENTES, F., MARTÍNEZ, E.A., HINRICHSSEN, P., JELLEN, E., MAUGHAN, J. 2009. Assessment of genetic diversity patterns in Chilean quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) germplasm using multiplex fluorescent microsatellite markers. *Conservation Genetics*. 10(2): 369-377

GRANOTEC CHILE ICCT. 2008. Informe de la calidad de la cosecha de trigo 2007/2008. Centro tecnológico Granotec-OTEC.

GRANOTEC CHILE ICCT. 2009. Informe de la calidad de la cosecha de trigo 2008/2009. Centro tecnológico Granotec-OTEC.

HOCDÉ H., CHIA E., MARTÍNEZ E. QUINUA WALALA ! 2009. Informe de misión realizada en el marco del proyecto IMAS Chile (11-29 de noviembre 2008). Documento de trabajo interno IMAS; 78 pp. Marzo 2009.

INE (Instituto Nacional de Estadística) 2008. VII Censo Agropecuario 2007. Chile [on Line]
<http://www.ine.cl/canales/chile_estadistico/censos_agropecuarios/censo_agropecuario_07.php>

JORQUERA, C., 2001: Evolución Agropecuaria de la Región de Coquimbo: Análisis Contextual para la Conservación de la Vegetación Nativa. In: F. A. Squeo, G. Arancio y, and J. R. Gutiérrez, eds. Libro Rojo de la Flora de la Región de Coquimbo, y de los Sitios Prioritarios Para su Conservación, p. 386. Ediciones Universidad de La Serena, La Serena, Chile.

MARTÍNEZ, E.A., DELATORRE, J., VON BAER, I. 2007 La quínoa: Las potencialidades de un cultivo subutilizado en Chile. *Tierra Adentro-INIA* 75:24-27.

MARTÍNEZ, A.M. 2008. Contenido de daidzeína y genisteína en ecotipos de semillas de quínoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Tesis Química y Farmacia, Universidad de Valparaíso, Chile.

MARTÍNEZ, E.A., SAN MARTÍN, R., JORQUERA, C., VEAS, E., JARA, P. 2009. Re-Introduction of Quinoa into Arid Chile: Cultivation of two lowland races under extremely low irrigation. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 195:1-10.

MAUGHAN, P.J., KOLANO B.A., MALUSZYNSKA J., COLES N.D., BONIFACIO A., ROJAS J., COLEMAN C.E., STEVENS M.R., FAIRBANKS D.J., PERKINSON S.E., JELLEN E.N. 2006. Molecular and cytological characterization of ribosomal RNA genes in *Chenopodium quinoa* and *Chenopodium berlandieri*. *Genome* 49: 825-839.

MUJICA, A. 2004. La quínoa Indígena, Características e historia. p 22-42.
En: La kinwa Mapuche, recuperación de un cultivo para la alimentación (Juan Sepúlveda A.; Max Thomet I., Patricia Palazuelos F., Angel Mujica S., eds.). Fundación para la Innovación Agraria. Ministerio de Agricultura. Chile.

MUÑOZ-LLANCAO P., MARTÍNEZ E.A., WYNEKEN U., DAGNINO-SUBIABRE A. 2008. Pseudo cereal Quinoa improves memory and decreases anxiety of stressed rats: behavioral and molecular approaches (El pseudo cereal Quinoa mejora la memoria y disminuye la ansiedad de ratas estresadas: aproximaciones conductuales y moleculares). I IBRO/LARC Congress of Neurosciences of Latin America, Caribbean and Iberian Peninsula. Búzios, Brazil, September 1-4, 2008. Abstract;

NÚÑEZ, L. 2008: "Adultos Mayores campesinos: cuidando la biodiversidad agrícola y la seguridad alimentaria". Congreso Internacional Ciencias, Tecnologías y Culturas. Diálogo entre las disciplinas del conocimiento. Mirando al futuro de América Latina y El Caribe. Universidad de Santiago, Santiago de Chile.

PIZARRO, M. 2009. "Influencia de distintos tipos de fertilización sobre el crecimiento, fenología y rendimiento del cultivo de Quínoa (*Chenopodium quinoa* Willd)". Tesis Ing. Agronómica, Universidad de La Serena.

SALAZAR, E., BAZILE, D., MARTÍNEZ, E.A., LEÓN-LOBOS, P. 2009. Conservación ex situ de los recursos genéticos de Maíz (*Zea mays*), Quínoa (*Chenopodium quinoa*) y Algarrobo (*Prosopis chilensis*) en Chile. *Proceedings VII Simposio de Recursos Genéticos para América Latina y el Caribe*. Tomo 1:433-434. Octubre 2009, Pucón, Chile.

SALINAS, J. 2007. "Evaluación de un bio-abono marino sobre el desarrollo de la quínoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) y sobre las características físico-químicas y microbiológicas del suelo de cultivo". Tesis Ing. Agronómica, Universidad de La Serena.

SAN MARTÍN, R., NDJOKO, K., & HOSTETTMANN, K. 2008. Novel molluscicide against *Pomacea canaliculata* based on quinoa (*Chenopodium quinoa*) saponins. Crop Protection 27: 310-319.

SCHLICK, G., D.L. BUBENHEIM. 1996. Quinoa: Candidate crop for NASA's Controlled Ecological Life Support Systems. p. 632-640. In: J. Janick (ed.), Progress in new crops. ASHS Press, Arlington, VA.

SEPÚLVEDA, J., THOMET, J., PALAZUELOS, P., MUJICA, A. (eds.). 2004. La kinwa Mapuche, recuperación de un cultivo para la alimentación Fundación para la Innovación Agraria. Ministerio de Agricultura, Chile.

SIERRA, C., LANCELOTI, A., VIDAL, I. 2007. Azufre elemental como corrector del pH y la fertilidad de algunos suelos de la III y IV Región de Chile. Agricultura técnica (Chile) 67 (2): 173-181.

TAGLE, M. B., AND M. T. PLANELLA, 2002: La Quinoa en la Zona Central de Chile: Supervivencia de una tradición pre-Hispana. Editorial IKU, Santiago, p. 117.

VEUILLE, M., MILANA, J-P. 2007. High-latitude forcing of regional aridification along the subtropical west coast of South America. Geophysical Research Letters 34. doi: 10.1029/2007GL031899.

VEAS, E, 2006. "Caracterización del desarrollo y producción de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), bajo condición de riego y secano, en dos localidades de la IV Región. Tesis Ing. Agronómica, Universidad de La Serena.

Cuadro 1: Investigadores de la Región de Coquimbo adscritos al proyecto Innova Chile de CORFO que financió el primer proyecto sobre re-introducción de quínoa, con apoyo de pequeños agricultores locales. CEZA: Centro de Estudios en Zonas Áridas, Universidad de Chile, CEAZA: Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas, INIA: Instituto de Investigaciones Agropecuarias, UCN: Universidad Católica del Norte, ULS: Universidad de La Serena.

NOMBRE	INSTITUCIÓN	PROFESIÓN	FUNCIÓN
Arturo CORTÉS	ULS	Biólogo	Evaluación fisiología y dietas nativas
Carmen JORQUERA	ULS	Ing. Agr.	Manejo orgánico del cultivo
Pedro LEON	INIA	Biólogo-	Manejo de semillas en Banco Base-INIA
Guillermo LUNA	UCN	Biól. Marino	Estudios de fisiología metabólica
Enrique MARTINEZ	CEAZA	Biól. Marino	Dirección de Proyecto
Raúl MENESES	INIA	Ing. Agr.	Digestibilidad de quínoa como forraje
Ximena MONCADA	CEAZA	Bioquímica	Análisis genético moleculares
Roberto SALINAS	INIA	Ing. Agr.	Manejo del cultivo y tabla de costos
Francisco SQUEO	ULS	Biólogo	Evaluación fisiológica del cultivo
Claudia TORRES	CEZA-U. CHILE	Ing. Agr.	Manejo de dietas en ganado caprino
Enrique VEAS	Contrata	Ing. Agr.	Supervisión cultivos, trabajo con agricultores
Andrés ZURITA	CEAZA	Ing. Agr.	Análisis genético -funcionales

[Fuente: Elaboración Propia]

Cuadro 2: Listado de agricultores de la región de Coquimbo (3 provincias) que participaron como asociados en al menos uno de los treinta y seis meses de ejecución del proyecto Innova Chile de CORFO (2005-2008).

S/D: Sin Datos.

1

NOMBRE	LUGAR/SECTOR	PROVINCIA	RENDIMIENTOS (Tons/ha)
José GARCIA	CERRO BLANCO - QUILIMARI	CHOAPA	0,8
Marta AGUILAR SUÁREZ	OLLA DE CALDERA	ELQUI	S/D
Sandra BALDESSARI	PEÑUELAS/COQUIMBO	ELQUI	1,3
Francisco MORRAL	ALCOHUAZ	ELQUI	S/D
Lila MUNOZ ¹	COMUNIDAD AGR. QUITALLACO	ELQUI	1
Marcelo SALAZAR	PAN DE AZUCART	ELQUI	1,2
Ulises CONTADOR	VICUNA	ELQUI	3,5
Loreto FELIU	BARRANCAS	ELQUI	0,8
Isobel MEIKLE	QUEBRADA DE MONARDEZ	ELQUI	2,1
Juan Carlos PLAZA	SAN RAMON	ELQUI	1,6
Carlos CRUCES	HINOJAL	ELQUI	1
Javier BOU PIZARRO	MONTE PATRIA / LAS MOLLACAS /RAPEL	LIMARI	4,5
Rolando FUENTEALBA	CERRILLOS POBRE	LIMARI	0,8
Maricarmen GONZÁLEZ	CERRILLOS POBRES	LIMARI	1,6
Isabel Margarita COLL	PEDREGAL DE RAPEL	LIMARI	0,9
Guido ROJAS	COMUNIDAD AGRÍCOLA	LIMARI	1,5
Eric VENEGAS	EL RELOJ	LIMARI	1,6
Pablo ALVAREZ	RAMADAS DE TULAHUEN	LIMARI	35 FARDOS/HA DE 30 KG
Yory BERTOLLA	PACHINGO	LIMARI	1,5
LICEO JORGE IRIBARREN	HURTADO	LIMARI	1,5
PRODUCTORES ORGÁNICOS PRODESAL (n=14)	VARIAS LOCALIDADES	ELQUI	1
	PROMEDIO		1,6

¹: Lila Muñoz es parte de una comunidad agrícola (Quitallaco) donde además participaron Alex Araya, María Vega, Dominga Vega, Estela Marín. Sus predios pertenecen a un sector más de interfluvio y secano que a Valle del Elqui, por ello tienen nulo acceso a agua de riego y ello implica rendimientos muy bajos. Ingrid Von Baer, que no está en la tabla sembró en Temuco algunas melgas para regenerar ecotipos.

[Fuente: Elaboración Propia]

Cuadro 3: Investigadores de otras zonas geográficas de Chile y de otros países que formaron lazos de colaboración con el proyecto o que participaron directamente en nuevos proyectos en quínoa o en co-dirección de tesis.

Acronimios Instituciones (no listadas en Tabla 1): CIRAD: Centre Internationale de la Recherche Agronomique pour le Développement, Francia. IRD: Institute de Recherche pour le Développement, Francia. IPR: Institute Polytechnique Rural. UCN: Univ. Católica del Norte. UNAP: Univ. Arturo Prat. UV: Univ. Valparaíso. UBA: Univ. De Buenos Aires. PUCV: Pontificia univ. Católica de Valparaíso. UCM: Univ. Católica del Maule. PUC: Pontificia Univ. Católica (Santiago). AGROGEN: Empresa privada agrícola y de producción de semillas. Cetsur: Centro de Educación y Tecnologías para el desarrollo del Sur (ONG). Acronimios Proyectos de colaboración: ICGEB-TWAS: proyecto Internacional center of genetic Engineering and Biotechnology-Third Wporld Academy of Sciences, Italia. IMAS: Proyecto ANR-Francia (Impacto del Modo de Acceso a las Semillas). BRG: Proyecto Bureau Resources Génétiques, Francia. DIULS: Proyecto Dirección de Investigación Universidad de La Serena. Chiledeportes: Proyecto en ciencia del deporte, Gobierno de Chile. FONDECYT: Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología, CONICYT, Chile (Nº 1060281).

NOMBRE	INSTITUCIÓN	PAÍS	SITIO WEB	TIPO COLABORACIÓN
Lilian ABUGOCH	U. Chile (Química y Farmacia)	Chile	www.faciqyf.uchile.cl	Análisis químicos
Rodrigo ALVAREZ	CEAZA	Chile	www.ceaza.cl	ICGEB-TWAS
Fabiana ANTOGNIONI	Univ. Bologna	Italia	www.unibo.it	ICGEB-TWAS
Didier BAZILE	CIRAD	Francia	www.cirad.fr	IMAS
Antonio BLANCO	UCM (Agronomía)	Chile	www.ucm.cl	IMAS
Valeria BRIONES	CEAZA	Chile	www.ceaza.cl	Administración CEAZA
Eduardo CHIA	IRD-CIRAD	Francia	www.cirad.fr	IMAS
Amadou COULIBALY	IPR	Mali	s/d	ICGEB-TWAS
Alexies DAGNINO	UCN (Fac. Medicina)	Chile	www.ucn.cl	Dirección Tesis
José DELATORRE	UNAP (Agronomía)	Chile	www.unap.cl	IMAS-FONDECYT
Laure EMPERAIRE	IRD (Etnobotánica)	Francia	www.ird.fr	BRG
Henri HCODÉ	CIRAD	Francia	www.cirad.fr	IMAS
Constanza JANA	INIA-Intihuasi	Chile	www.inia.cl	Subcontrato IMAS
Elena LARA	ULS (Ing. Alimentos)	Chile	www.uls.cl	DIULS-tesis
Mariane LUTZ	UV (Química y Farmacia)	Chile	www.uv.cl	Tesis
Sara MALDONADO	UBA	Argentina	www.exactas.uba.ar	ICGEB-TWAS
Fernando MORAGA	UCN (Fac. Medicina)	Chile	www.ucn.cl	Chiledeportes
Jorge NEGRETE	PUCV (Inst. Geografía)	Chile	www.pucv.cl	IMAS
Lizbeth NUNEZ	UCM (Trabajo Social)	Chile	www.ucm.cl	IMAS
Gloria PARADA	PUC (Ing. Bioprocesos)	Chile	s/d	Trabajo técnico
Manuel PINTO	U Chile (Agronomía)	Chile	www.inia.cl	FONDECYT
Karina RUIZ	Univ. Bologna	Italia	www.unibo.it	ICGEB-TWAS
Ricardo SAN MARTÍN	PUC (Ing. Procesos)	Chile	www.ing.puc.cl	FONDECYT
Max THOMET	CET SUR	Chile	www.cetsur.org	IMAS
Yann TRACOL	CEAZA	Chile	www.ceaza.cl	CEAZA
Antonio VEGA	ULS (Ing. Alimentos)	Chile	www.uls.cl	DIULS
Ingrid VON BAER	AGROGEN	Chile	www.agrogen.cl	Dirección Tesis, cultivos

Cuadro 4a: Tesistas asociados al proyecto Innova Chile de CORFO y que comenzaron sus temas de tesis a lo largo de los 36 meses de ejecución entre los años 2005 y 2008.

Nombre	Universidad	Grado	Tema tesis	Estado al 2009
Andrea Morales	Univ. Andrés Bello	Biología	Estrés salino en quínoa	En ejecución
Christián Flores	Univ. La Serena	Ing. Agrónomo	Modelos de clima regional y crecimiento en quínoas cultivadas en la región de Coquimbo	En ejecución
Gonzalo B. Terreros Hernández.	Univ. Andrés Bello	PhD Biología	Efectos de la ingesta de un alimento funcional elaborado con Quínoa sobre el deterioro que produce el estrés crónico en el Hipocampo de ratas Sprague-Dawley	En ejecución
Ondina Riquelme	Univ. La Serena	Ing. Agrónomo I	Evaluación del efecto de saponinas en el crecimiento radicular	En ejecución

[Fuente: Elaboración Propia]

Cuadro 4b: Tesistas asociados al proyecto Innova Chile de CORFO y que comenzaron sus temas de tesis a lo largo de los 36 meses de ejecución entre los años 2005 y 2008.

Rodrigo Callejas	Univ. La Serena	PhD Educación	Rescate de prácticas alimentarias ancestrales para apoyar el entrenamiento de deportistas de alto rendimiento: El caso del fomento del consumo sistemático de semillas de Quínoa (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) en mujeres halterofilistas.	Escritura
Daniela Cortés y Joanna Navarro	Univ. La Serena	Ing. Agrónomo	Efecto de la salinidad en la germinación y vigor de semillas de diez ecotipos de Quínoa (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd)	Terminada
Carola Contreras	Univ. La Serena	Ing. Agrónomo	Evaluación de un tipo de fertilización orgánica combinada, utilizando una especie de alga parda (<i>Lessonia nigrescens</i> Bory) y humus de lombriz (<i>Eisenia foetida</i>); estudio exploratorio en Quínoa (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.)”	Terminada

[Fuente: Elaboración Propia]

Cuadro 4c: Tesistas asociados al proyecto Innova Chile de CORFO y que comenzaron sus temas de tesis a lo largo de los 36 meses de ejecución entre los años 2005 y 2008.

Claudio Gaete y Miguel Galleguillos	Univ. La Serena	Ing. Agrónomo	Potencial de la lagrimilla (<i>Mesembryanthemum crystallinum</i> L.) como especie acompañante del cultivo de la quínoa (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) y controladora de la maleza perenne correhuela (<i>Convolvulus arvensis</i> L.)	Terminada
Mauricio Díaz	Univ. La Serena	Ing. Alimentos	Elaboración de pan con harina de quínoa	Terminada
Francisco Fuentes	Univ. Chile	PhD Agronomía	Análisis genético de germoplasma chileno de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> willd.) usando marcadores SSR fluorescentes (simple sequence repetaed)	Terminada

[Fuente: Elaboración Propia]

Cuadro 4d: Tesistas asociados al proyecto Innova Chile de CORFO y que comenzaron sus temas de tesis a lo largo de los 36 meses de ejecución entre los años 2005 y 2008.

Fernando Ortíz	Univ. De Chile	Medicina Veterinaria	Evaluación nutricional de dos ecotipos de quínoa (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) como alternativa forrajera para ganado caprino	Terminada
Adriana Covarrubias	Univ. La Serena	Ing. Agrónomo	Efecto del estrés salino en el desarrollo y producción de tres ecotipos de Quínoa (<i>Chenopodium Quinoa</i> Willd.), bajo condiciones de sombreadero en La Serena, Región de Coquimbo	Titulada
Milca Morales	Univ. La Serena	Ing. Comercial	Quínoa: situación actual y futura del mercado en relación a los productores y clientes en la región de Coquimbo	Titulada
Magdalena Pizarro	Univ. La Serena	Ing. Agrónomo	Influencia de distintos tipos de fertilización sobre el crecimiento, fenología y rendimiento del cultivo de Quínoa (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd)	Titulada

[Fuente: Elaboración Propia]

Cuadro 4e: Tesistas asociados al proyecto Innova Chile de CORFO y que comenzaron sus temas de tesis a lo largo de los 36 meses de ejecución entre los años 2005 y 2008.

Angélica Martínez	Univ. Valparaíso	Química y Farmacia	Contenido de daidzeína y genisteína de semillas de quinoa	Titulada
Hernán P. Cortés	Univ. La Serena	Ing. Agrónomo	Evaluación de diez procedencias de quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), establecidas en la costa y precordillera de la IV Región de Chile	Titulado
Julio Salinas	Univ. La Serena	Ing. Agrónomo	Evaluación de un bio-abono marino sobre el desarrollo de la quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) y sobre las características físico-químicas y microbiológicas del suelo de cultivo	Titulado
Pablo A. Muñoz LLanco	Pontificia Univ. Católica	Biólogo	El pseudocereal quinoa mejora la memoria y disminuye la ansiedad de ratas estresadas: aproximaciones conductuales y moleculares	Titulado
Lorena Cortéz y Rodrigo Flores	Univ. La Serena	Ing. Agrónomos	Diagnóstico y potencial de conversión a la producción orgánica de sistemas de producción de Quínoa en la Región de Coquimbo	Titulados

[Fuente: Elaboración Propia]